

No English title available.Patent Number: DE19815647

Publication date: 1999-10-07

Inventor(s): KRAUSE KARL-HEINZ (DE); ZEBISCH THOMAS (DE)

Applicant(s): SIEMENS AG (DE)

Requested Patent: EP1064589 (WO9950722), B1

Application Number: DE19981015647 19980407

Priority Number(s): DE19981015647 19980407; DE19981013770 19980327

IPC Classification: G06F13/38; H04L7/00

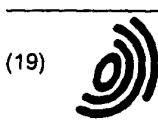
EC Classification: G05B19/042M, G05B19/418P, G06F1/14Equivalents: JP2002510081T, WO9950722

Abstract

According to the inventive method, time telegrams are transmitted from a central time base (tz) to a local time base (tm; tn). The instant when the time telegram is sent (y, z) is detected and entered into a following time telegram as a data value. The moment of reception of (u, v) of the time telegram is detected on a local time base and the instant when the time telegram is sent is reproduced. The difference between interrelated instants when the time telegram is sent and received enables time differentials (u-y, v-z) that occur to be determined and evaluated in order to perform synchronisation on a local time base.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2





(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 064 589 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.05.2003 Patentblatt 2003/20

(51) Int Cl.7: G05B 19/042, G05B 19/418

(21) Anmeldenummer: 99916795.0

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE99/00712

(22) Anmeldetag: 15.03.1999

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/050722 (07.10.1999 Gazette 1999/40)

**(54) VERFAHREN ZUR SYNCHRONISATION EINER LOKALEN AUF EINE ZENTRALE ZEITBASIS,
UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS MIT BEVORZUGEN
VERWENDUNGEN**

METHOD FOR SYNCHRONISING A LOCAL TIME BASE ON A CENTRAL TIME BASE AND DEVICE
FOR IMPLEMENTING SAID METHOD WITH PREFERRED APPLICATIONS

PROCEDE DE SYNCHRONISATION D'UNE BASE DE TEMPS LOCALE SUR UNE BASE DE
TEMPS CENTRALE, DISPOSITIF CORRESPONDANT ET UTILISATIONS PREFEREES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(56) Entgegenhaltungen:

DD-A- 289 147 DE-A- 4 215 380
DE-A- 19 626 287 US-A- 5 257 404
US-A- 5 481 258

(30) Priorität: 27.03.1998 DE 19813770
07.04.1998 DE 19815647

- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 004, 31. Mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 015421 A (FUJI FACOM CORP; OTHERS: 01), 17. Januar 1995 (1995-01-17)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.01.2001 Patentblatt 2001/01

- COUVET D ET AL: "A STATISTICAL CLOCK SYNCHRONIZATION ALGORITHM FOR ANISOTROPIC NETWORKS" PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM ON RELIABLE DISTRIBUTED SYSTEMS, PISA, SEPT. 30 - OCT. 2, 1991, Nr. SYMP. 10, 30. September 1991 (1991-09-30), Seiten 42-51, XP000266704 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-8186-2260-1

(73) Patentinhaber: SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

- ZARROS P N ET AL: "STATISTICAL SYNCHRONIZATION AMONG PARTICIPANTS IN REAL-TIME MULTIMEDIA CONFERENCE" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATIONS (INFOCOM), TORONTO, JUNE 12 - 16, 1994, Bd. 2, 12. Juni 1994 (1994-06-12), Seiten 912-919, XP000496550 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-8186-5572-0

(72) Erfinder:

- KRAUSE, Karl-Heinz
D-90475 Nürnberg (DE)
- ZEBISCH, Thomas
D-91056 Erlangen (DE)

EP 1 064 589 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation mindestens einer lokalen Zeitbasis in einem lokalen technischen System auf eine zentrale Zeitbasis in einem zentralen technischen System wie es aus Dokument DE-A-4215 380 vorbekannt ist. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und bevorzugte Verwendungen der Vorrichtung.

[0002] Dabei kann die lokale Zeitbasis dem Zeitzustand in einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung und die zentrale Zeitbasis dem Zeitzustand in einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung entsprechen. Von der zentralen zur lokalen Datenverarbeitungseinrichtung und damit von der zentralen zur lokalen Zeitbasis werden Datensätze übertragen, welche Zeitinformationen und u.U. auch weitere Nutzdaten unterschiedlicher Art enthalten. Diese Datensätze werden nachfolgend kurz als "Zeittelegramme" bezeichnet.

[0003] In der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung wird die lokale Verarbeitung von Daten in der Regel auf der Grundlage der lokalen Zeitbasis vorgenommen. Diese wird in der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung insbesondere mit Hilfe von sogenannten Timerbausteinen gebildet. Dabei handelt es sich meist um Zähler, welche von einem lokalen Taktgeber zyklisch dekrementiert werden und die bei jeder vollständigen Dekrementierung, d.h. bei jedem Nulldurchgang des Zählerinhalts, ein Trigger- oder Zeitgeberignal für die jeweilige lokale Zeitbasis abgeben.

[0004] In der Automatisierungstechnik können lokale Datenverarbeitungseinrichtungen zur dezentralen Steuerung von verteilten technischen Betriebsmitteln eingesetzt werden, welche als Bestandteil einer unter Umständen komplexen Produktionseinrichtung z.B. auf die Bearbeitung eines Werkstückes oder die Verarbeitung eines Ausgangsstoffes einwirken. Als eines von vielen möglichen Beispielen für derartige technische Betriebsmittel sollen exemplarisch elektrische Antriebe genannt werden, welche jeweils von einer zugeordneten lokalen Datenverarbeitungseinrichtung, die auch als eine Antriebssteuerung bezeichnet werden kann, mit Daten versorgt werden. Im Beispiel handelt es sich bei diesen Daten weitgehend um Regelgrößen, d.h. insbesondere um Meßwerte, Sollwerte und Stellwerte.

[0005] Für die Funktionsfähigkeit der gesamten Produktionseinrichtung, z.B. einer CNC Werkzeugmaschine, ist es nun in aller Regel notwendig, daß deren technische Betriebsmittel koordiniert z.B. auf ein Werkstück oder einen Ausgangsstoff einwirken. Dies setzt wiederum voraus, daß die lokalen Zeitbasen in den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen der technischen Betriebsmittel aufeinander synchronisiert sind. Hierdurch wird sichergestellt, daß z.B. Istwerte von den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen gleichzeitig erfaßt werden bzw. z.B. Stellsignale gleichzeitig an die zugehörigen technischen Betriebsmittel ausgegeben wer-

den. Alle beteiligten lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen einer Produktionseinrichtung wirken somit im Moment eines übereinstimmenden Bearbeitungszustandes des jeweiligen Werkstücks bzw. des Ausgangsstoffe meß- und Regelungstechnisch darauf ein.

[0006] Ferner ist eine regelmäßige, erneute Synchronisation der lokalen Zeitbasen in den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen erforderlich. Die Ursache hierfür liegt in den dazugehörigen lokalen, insbesondere 10 quarzgesteuerten Taktgebern der Timerbausteine. Diese weisen in den verschiedenen lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen eine unterschiedliche Exemplarstreuung und somit verschiedenes Langzeitdriftverhalten auf, so daß die lokalen Zeitbasen ohne regelmäßige 15 Synchronisation allmählich auseinanderlaufen würden.

[0007] Für eine Synchronisation der lokalen Zeitbasen können die lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen bei einem ersten, bekannten System über eine separate Taktleitung mit einem festen, zentralen Steuer-

20 Takt versorgt werden. Dieser wird dem Taktgeber für den jeweiligen Timerbaustein direkt zugeführt. Eine derartige Anordnung ist besonders aufwendig, da die separate Taktleitung parallel zu einem in der Regel ohnehin vorhandenen Datenbus zu verlegen ist, welcher die lokalen 25 Datenverarbeitungseinrichtungen mit einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung verbindet.

[0008] Für eine Synchronisation von lokalen Zeitbasen in lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen können diese auch über einen Datenbus mit einer zentralen 30 Datenverarbeitungseinheit verbunden sein, in der eine zentrale Zeitbasis gebildet und verwaltet wird. Dabei werden bei einem bekannten System dieser Art sogenannte "Takttelegramme" von der zentralen an die lokalen Zeitbasen übertragen und dort zur Synchronisation 35 ausgewertet. Dabei tritt aber der Nachteil auf, daß die Takttelegramme von der zentralen Datenverarbeitungseinheit zeitlich streng äquidistant in den Datenbus eingespeist werden müssen. Diese werden von einer speziellen Auswerteschaltung in einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen empfangen, insbesondere einer 40 PLL (phase locked loop) Auswerteschaltung. Diese leitet aus dem Empfangsrhythmus der äquidistanten Takttelegramme ein Korrektursignal ab, womit der auf den jeweiligen Timerbaustein einwirkende Taktgeber zum 45 Zwecke der Synchronisation der lokalen Zeitbasis nachgestimmt wird. Eine Synchronisation mit zeitlich streng äquidistanten Takttelegrammen wird auch als eine harte Synchronisation bezeichnet.

[0009] Ein wesentlicher Nachteil eines derartigen Systems liegt darin, daß zum Empfang und zur Auswertung der zeitlich streng äquidistanten Takttelegramme in jeder lokalen Datenverarbeitungseinrichtung eine separate Hardware in Form einer Auswerteschaltung erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil liegt darin, vielfach 50 die Anforderung der strengen zeitlichen Äquidistanz in der Praxis nicht präzise eingehalten werden kann, z.B. wegen einer besonderen Art der Datenübertragung auf dem jeweiligen Datenbus bzw. wegen z.B. interruptbe-

dingter Bearbeitungsverzögerungen in der zentralen Datenverarbeitungseinheit. Dies führt zu Schwankungen, insbesondere Verzögerungen, in der zeitlichen Abfolge der Takttelegramme, welche auch als Jitter bezeichnet werden. Diese Jitter pflanzen sich u.U. fort bis in die lokalen Zeitbasen und können Äquidistanzschwankungen in unterlagerten Feinregeltakten der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung verursachen.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Synchronisation von lokalen Zeitbasen anzugeben, wobei möglichst kein zusätzlicher Schaltungsaufwand auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung erforderlich ist.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst mit dem in Anspruch 1 angegebenen Verfahren und der in Anspruch 6 angegebene Vorrichtung. Die Lösung umfaßt auch die im Anspruch 9 angegebene bevorzugte Verwendung der Vorrichtung. Die Unteransprüche enthalten weitere, vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens, der Vorrichtung und der Verwendung der Vorrichtung.

[0012] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird von der zentralen Zeitbasis der Absendezzeitpunkt eines sogenannten "Zeittelegramms" erfaßt und als ein Datenwert in ein folgendes Zeittelegramm eingetragen. Von einer lokalen Zeitbasis wird dann der Empfangszeitpunkt eines Zeittelegramms erfaßt und der Wert des in einem Zeittelegramm enthaltenen Absendezzeitpunktes reproduziert. Aus der Differenz zusammengehöriger Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeittelegrammen werden schließlich von der lokalen Zeitbasis Meßwerte der Zeitabweichung zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis ermittelt. Diese Werte der Zeitabweichungen werden zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis ausgewertet.

[0013] Die Erfindung beruht darauf, daß die Auswertung des Empfanges von Zeittelegrammen und die Heranziehung von darin enthaltenen Zeitinformationen zur Synchronisierung der lokalen Zeitbasen herangezogen wird. Mit den Zeittelegrammen werden einerseits Zeitstempel übertragen, insbesondere in Form der Absendezzeitpunkte von vorangegangenen Zeittelegrammen. Bei der Erfindung müssen aber die Zeittelegramme keinesfalls ausschließlich zur Übertragung von derartigen Zeitinformationen dienen. Vielmehr können die Zeittelegramme darüber hinaus auch beliebige, weitere Nutzdaten enthalten, welche in keiner Weise mit der Synchronisation der Zeitbasen in Verbindung stehen. Der Begriff Zeittelegramm bringt somit zum Ausdruck, daß es sich um ein Datentelegramm handelt, welches auch Zeitinformationen enthält, die von der zentralen Zeitbasis geprägt sind.

[0014] Weiterhin ist es durch die erfindungsgemäße Erfassung der tatsächlichen Zeitabweichungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis mit Hilfe von Zeittelegrammen möglich, das Auftreten von Jittern sowohl auf der Seite der zentralen Zeitbasis, d.h. quasi auf der Sendeseite, als auch auf der Seite der lokalen Zeitbasis,

5 sen, d.h. quasi auf den Empfangsseiten, zu kompensieren. Derartige Jitter können unterschiedlichste Ursachen haben und z.B. auf Übertragungsstörungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis beruhen, bzw. auf Schwankungen von internen Bearbeitungsduern in der zentralen bzw. einer lokalen Zeitbasis beruhen, welche durch Softwareprozesse, z.B. Interrupte, bedingt sind.

10 Die erfindungsgemäße Kompensierbarkeit derartiger Schwankungen beruht auf der möglichst genauen Erfassung, Übertragung und Auswertung der Werte des jeweiligen exakten Absendezzeitpunktes und des exakten Empfangszeitpunktes eines jeden Zeittelegramms, d.h. auf der Erfassung der damit verbundenen Zeitabweichung, welche wiederum ein Maß für den Unterschied zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis sind. Hierdurch wird einer lokalen Zeitbasis ein hochgenauer und robuster, d.h. von Jittern unabhängiger, Zeitmeßwert zugeführt.

15 [0015] Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert somit zwar eine regelmäßige Übertragung von Zeittelegrammen, aber keine zeitlich streng äquidistante Übertragung von Takttelegrammen. Die Zeittelegramme sind somit Datentelegramme, welche auch eine, einen exakten Absendezzeitpunkt betreffende, Zeitinformation enthalten. Das erfindungsgemäße Synchronisationsverfahren ist ferner so robust, daß sogar in einem Ausnahmefall ein einzelnes Zeittelegramm ausfallen kann, ohne daß die Synchronität der lokalen Zeitbasen gefährdet ist.

20 [0016] Bei einer weiteren, vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden von der lokalen Zeitbasis Zeitabweichungen mit Hilfe einer Gruppe von Zeittelegrammen ermittelt, welche während einer Beobachtungsperiode übertragen wurden. Aus dem Minimalwert der in einer Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen wird schließlich ein Korrekturwert gebildet und zur Synchronisation verwendet. Bei dieser Ausführung wird auf der Seite einer lokalen Zeitbasis somit zunächst ein Gruppe von Zeittelegrammen ausgewertet und die hieraus abgeleiteten Zeitabweichungen quasi aufgesammelt. Für eine Korrektur wird schließlich nur diejenige Zeitabweichung ausgewählt, welche die günstigsten Eigenschaften aufweist. Dies ist der Minimalwert der Zeitabweichungen, da dieser nämlich mit einem Zeittelegramm verbunden ist, welches in der zurückliegenden Beobachtungsperiode am wenigsten durch Jitter gestört wurde, also dem Idealzustand einer quasi verzögerungsfreien Datenübertragung am nächsten kommt.

25 [0017] Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens entspricht ein Korrekturwert dem Ausgangswert eines Regelungsalgorithmus, dem als Sollwert der Wert null und als Istwert der Minimalwert aus den Zeitabweichungen einer Beobachtungsperiode zugeführt wird. Mit dieser Ausführung wird einerseits quasi die "Weichheit" der Aufschaltung von Korrekturwerten auf eine lokale Zeitbasis, d.h. insbesondere die Aufschaltung auf die Timerbausteine

einer dazugehörigen lokalen Datenverarbeitungseinheit, weiter erhöht.

[0018] Schließlich wird es durch den Einsatz eines Regelungsalgorithmus zur Bestimmung eines Korrekturwertes möglich, das erfindungsgemäße Verfahren nahezu vollständig mit Hilfe von Programmrutinen zur realisieren, welche in der, die jeweilige lokale Zeitbasis aufweisende lokale Datenverarbeitungseinheit ablaufen. Der jeweilige Korrekturwert kann somit rein softwaremäßige bestimmt werden, und muß dann nur noch in den Timerbaustein der lokalen Datenverarbeitungseinheit als ein neuer Startwert geladen werden. Ein derartiger Startwert kann auch als Reload Wert bezeichnet werden. Damit verbunden ist der weitere Vorteil, daß ein bevorzugt quarzgetriebener Taktgeber, welcher den Timerbaustein einer lokalen Datenverarbeitungseinheit dekrementiert, völlig unbeeinflußt bleibt und frei laufen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren wirkt somit nicht auf den Taktgeber eines Timerbausteins, sondern auf den Timerbaustein selbst ein. Die Fortschreitung der lokalen Zeitbasis erfolgt somit erfindungsgemäß durch Reprogrammierung eines entsprechend ausgewählten Startwertes für den Timerbaustein. Der Startwert, auch Reloadwert genannt, wird somit dynamisch angepaßt. Ferner ist diese Reprogrammierung taktunabhängig, kann also jederzeit erfolgen, d.h. "on the fly".

[0019] Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird von einer lokalen Zeitbasis ein Korrekturwert während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt aufgeschaltet. Mit dieser "weichen", d.h. stufenweisen Aufschaltung eines Korrekturwertes, kann eine weitere Reduktion des Einflusses von Jittern auf die Qualität der Synchronisation bewirkt werden. Das erfindungsgemäße Synchronisationsverfahren ist somit hochgenau und kommt ohne separate Taktleitungen aus.

[0020] Die durch die erfindungsgemäße Auswertung der Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeittelegrammen gewonnenen und mit "Zeitabweichung" bezeichneten Werte sind ein Abbild für die aktuelle Abweichung einer lokalen Zeitbasis von der zentralen Zeitbasis. Sie können somit für eine Korrektur der lokalen Zeitbasis, d.h. für deren Synchronisation, verwendet werden, welche ohne Eingriffe auf zugeordneten lokalen Taktgeber auskommt. Der Wert einer Zeitabweichung wird dabei im wesentlichen bestimmt von zwei Anteilen, wobei der erste Anteil als ein "Driftanteil" und der zweite Anteil als ein "Jitteranteil" angesehen werden kann. Der "Driftanteil" wird verursacht von Abweichungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis, welche wiederum auf Bauelementetoleranzen insbesondere der meist quarzgetriebenen Taktgeber der jeweiligen Zeitbasis beruhen. Der "Jitteranteil" beruht im wesentlichen auf unterschiedlichen Verarbeitungszeiten insbesondere der Zeittelegramme in der zentralen und der lokalen Zeitbasis, z.B. in den jeweils Datenbusanschaltungen der dazugehörigen zentralen und lokalen Datenverarbeitungseinheiten, und gegebenenfalls zusätzlich auch

auf möglicherweise nur geringfügigen Laufzeitunterschieden auf dem Datenbus zwischen den Datenverarbeitungseinheiten.

[0021] Die Erfindung, weitere vorteilhafte Ausführungsformen derselben und weitere damit verbundene Vorteile werden des Weiteren anhand der in den nachfolgend kurz angeführten Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele weiter erläutert. Dabei zeigt

10 FIG 1 das Blockschaltbild einer beispielhaften Anordnung, aus einer zentralen und zwei lokalen Datenverarbeitungsvorrichtungen mit einem Datenbus, über den erfindungsgemäß Zeittelegramme übermittelt werden,

15 FIG 2 eine beispielhafte, schematische Darstellung in Form eines zweidimensionalen Zeitdiagrammes zur Erläuterung der Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Synchronisationsverfahrens,

20 FIG 3 einen beispielhaften, schematischen Ablaufplan zur Erläuterung von Bearbeitungsschritten zwischen dem Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Seite einer zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung,

25 FIG 4 einen weiteren beispielhaften, schematischen Ablaufplan zur Erläuterung von Bearbeitungsschritten zwischen dem Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Seite einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung,

30 FIG 5 beispielhaft die Bestimmung eines Minimalwertes aus den während einer Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, und

35 FIG 6 schematisch eine beispielhafte Ausführung der Erfindung zur Bestimmung und Aufschaltung eines aus den Zeitabweichungen abgeleiteten Korrekturwertes für die lokale Zeitbasis in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung.

40 [0022] Figur 1 zeigt in Form eines beispielhaften Blockschaltbildes eine vorteilhafte Anordnung, welche zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete ist. Die Anordnung enthält eine zentrale Datenverarbeitungseinrichtung 1, welche auch als "Master" bezeichnet wird, und beispielhaft zwei lokale Datenverarbeitungseinrichtungen 14 und 15, welche auch als "Slave m" und "Slave n" bezeichnet werden. Alle Datenverarbeitungseinrichtungen sind über einen externen Datenbus 10 miteinander verbunden, über den Da-

tentelegramme mit Zeitinformationen, d.h. Zeittelegramme, von der zentralen an die lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen übermittelt werden. Im Beispiel der Figur 1 sind exemplarisch drei aufeinanderfolgende Zeittelegramme 11, 12 und 13 aus einem Strom von regelmäßig aufeinander folgenden Telegrammen gezeigt, welche auch als Zeittelegramm Zn-1, Zn und Zn+1 bezeichnet werden. Jedes Zeittelegramm 11, 12, 13 enthält als eine Dateninformation den Wert des Absendezzeitpunktes x, y, z eines vorangegangenen Zeittelegrammes. Wie oben bereits erläutert, können aber auch beliebige andere Nutzdaten enthalten sein, welche nicht mit der Übertragung von Zeitinformation zusammenhängen. Dies wird an Hand der nachfolgenden Figur 2 noch näher erläutert werden.

[0023] Die zentrale Datenverarbeitungseinrichtung 1 weist zentrale Mittel zur Bildung einer zentralen Zeitbasis tz auf. Dabei handelt es sich vorteilhaft um einen Timerbaustein 6, der von einem Taktgeber 7 angesteuert und z.B. dekrementiert wird. Pro vollständiger Dekrementierung, d.h. pro Nulldurchgang von dessen Zählerwert, wird vom Timerbaustein 6 ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis tz abgegeben. Anschließend wird der Timerbaustein wieder mit einem konstanten Startwert geladen, welcher mit "RR const." bezeichnet ist. Der Timerbaustein 6 steht über einen internen Datenbus 3 mit weiteren Elementen der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung 1 in Verbindung. Im Beispiel der Figur 1 sind eine zentrale Verarbeitungseinheit 2, "CPU Master" genannt, ein Speicher 5 für Daten und eine Busanschaltung 4 vorhanden, worüber der interne Datenbus 3 mit dem externen Datenbus 10 verbunden ist. Die Busanschaltung 4 ist neben einem Kommunikationsalgorithmus 8, welcher von der zentralen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird, Bestandteil von zentralen Kommunikationsmitteln. Diese haben die Aufgabe der Einspeisung von Datentelegrammen, insbesondere in Form von Zeittelegrammen, in den zentralen Datenbus 10.

[0024] Die Zeittelegramme selbst werden von zentralen Synchronisationsmitteln gebildet, welche im Beispiel der Figur 1 durch einen zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 repräsentiert sind, der ebenfalls von der zentralen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird. Da der Absendezzeitpunkt eines Zeittelegramms in dieses selbst als Datenwert nicht mehr eingebracht werden kann, wird eines der folgenden Zeittelegramme als Träger für diese Zeitinformation verwendet. Bevorzugt wird das unmittelbar folgende Zeittelegramm als Träger verwendet. Bei dem erfundungsgemäßen Verfahren wird somit der Absendezzeitpunkt eines eingespeisten Zeittelegramms erfaßt, zwischengespeichert und in ein folgendes Zeittelegramm vor dessen Einspeisung als einen Datenwert eintragen. Bei den in den Figuren 1 bis 6 dargestellten Beispielen wird davon ausgegangen, daß das Zeittelegramm Zn+1 mit dem Bezugszeichen 13 den Absendezzeitpunkt z des vorangegangenen Zeittelegrammes Zn mit dem Bezugszeichen 12 als Daten-

wert, und das Zeittelegramm Zn mit dem Bezugszeichen 12 den Absendezzeitpunkt y des vorangegangenen Zeittelegrammes Zn-1 mit dem Bezugszeichen 11 als Dat nwert enthält.

[0025] Die in Figur 1 beispielhaft dargestellten beiden lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen 14 bzw. 15 sind identisch aufgebaut und weisen jeweils lokale Mittel zur Bildung einer lokalen Zeitbasis tm bzw. tn auf. Diese lokalen Mittel weisen bevorzugt jeweils einen Timerbaustein 24 bzw. 34 auf, welcher von einem Taktmittel 25 bzw. 35 zyklisch dekrementiert wird. Pro vollständiger Dekrementierung wird von den Timerbaustein 24 bzw. 34 ein Zeitbildungssignal für die lokalen Zeitbasen tm bzw. tn abgegeben. Anschließend werden die Timerbausteine wieder mit einem Startwert geladen, welcher mit "RR dyn." bezeichnet ist. Es handelt sich dabei um einen, gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung gebildeten sogenannten "dynamischen Reloadwert", welcher erfundungsgemäß zur Synchronisation der jeweiligen lokalen Zeitbasis unter Verwendung zumindest einer ermittelten Zeitabweichung angepaßt ist. Dies wird nachfolgend noch näher erläutert werden. Die Timerbausteine 25 bzw. 35 stehen über einen internen Datenbus 20 bzw. 30 mit weiteren Elementen der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 in Verbindung. Im Beispiel der Figur 1 sind jeweils eine lokale Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29, "CPU Slave m" bzw. "CPU Slave n" genannt, jeweils ein Speicher 23 bzw. 33 für Daten und eine Busanschaltung 21 bzw. 31 vorhanden, worüber der jeweilige interne Datenbus 20 bzw. 30 mit dem externen Datenbus 10 verbunden ist. Die Busanschaltungen 21 bzw. 31 sind neben jeweils einem Kommunikationsalgorithmus 26 bzw. 36, welcher von der jeweiligen lokalen Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29 bearbeitet werden, Bestandteil von zentralen Kommunikationsmitteln. Diese haben die Aufgabe der Entgegennahme von Zeittelegrammen aus dem zentralen Datenbus 10.

[0026] Die Zeittelegramme selbst werden von lokalen Synchronisationsmitteln ausgewertet, welche im Beispiel der Figur 1 durch jeweils einen lokalen Synchronisationsalgorithmus 27 bzw. 37 repräsentiert sind, der ebenfalls von der jeweiligen lokalen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird. Erfundungsgemäß werden dabei die tatsächlichen Empfangszeitpunkte von Zeittelegrammen erfaßt, die in den empfangenen Zeittelegrammen als Zeitdatenwerte enthaltenen Absendezzeitpunkte von Zeittelegrammen auslesen und die Zeitabweichungen aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten von Zeittelegrammen bestimmt. Hieraus werden schließlich Korrekturwerte "RR dyn." für die lokalen Mittel zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis tm bzw. tn bestimmt. Dienen wiederum bevorzugt Timerbausteine 24 bzw. 34 als lokale Mittel zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis tm bzw. tn, so schalten die lokalen Synchronisationsalgorithmen 27 bzw. 37 dem jeweiligen Timerbaustein als Startwert den Korrekturwert "RR dyn." auf. Dies wird nachfolgend insbesondere am Bei-

spiel der Figur 6 noch näher erläutert werden.

[0027] Im Beispiel der Figur 1 verfügen die jeweiligen internen Datenbusse 20 bzw. 30 über eine weitere Busanschaltung, welche als Antriebsanschaltung 22 bzw. 32 bezeichnet ist. Hiermit können Datenverbindungen mit einer beispielhaften technischen Produktionseinrichtung 16 hergestellt werden. In Figur 1 dienen die beiden lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen 14 bzw. 15 beispielhaft zum Betrieb von lokalen technischen Betriebsmitteln 17 bzw. 18 in der technischen Produktionseinrichtung 16. Bei den technischen Betriebsmitteln handelt es sich z.B. um elektrische Antriebe 17 bzw. 18. Dabei steuert die lokale Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 das lokale technische Betriebsmittel 17 bzw. 18 jeweils im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis t_m bzw. t_n an. Hierbei werden zwischen lokaler Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 und dem zugeordneten lokalen technischen Betriebsmittel 17 bzw. 18 bevorzugt Regelgrößen synchron im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis t_m bzw. t_n ausgetauscht, insbesondere digitalisierte Ist-, Soll- und/oder Stellwerte 17a, 17b bzw. 18a, 18b. Diese Größen werden in der dezentralen Verarbeitungseinheit 28 bzw. 38 lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 verarbeitet. In Figur 1 dient hierzu beispielhaft jeweils ein symbolischer Regelalgorithmus 28 bzw. 38 in der lokalen Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29. Sind die lokalen Zeitbasen t_m bzw. t_n erfundungsgemäß synchronisiert, so erfolgt der Austausch der Regelgrößen bezüglich desselben Ausgangszustandes im Inneren der Produktionseinrichtung 16 und die Regelalgorithmen 28 bzw. 38 vollziehen die jeweiligen Berechnungen auf Basis einer übereinstimmenden Grundlage.

[0028] Figur 2 zeigt ein zweidimensionales Zeitdiagramm in einer beispielhaften, schematischen Darstellung. Hiermit wird nachfolgend die Wirkungsweise des erfundungsgemäßen Synchronisationsverfahrens weiter erläutert.

[0029] Auf der linken Seite des Zeitdiagrammes befinden sich eine erste Gruppe von drei vertikalen Zeitachsen 49, 50 und 51, welche der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung 1 (Master) zugeordnet sind. Dabei zeigt die Zeitachse 49 den Zeitablauf in der zentralen Zeitbasis t_z , die Zeitachse 50 Aktionszeitpunkte im zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 und die Zeitachse 51 Datenverarbeitungsschritte im zentralen Kommunikationsalgorithmus 8. Auf der rechten Seite des Zeitdiagrammes befinden sich eine zweite Gruppe von drei weiteren vertikalen Zeitachsen 52, 53 und 54, welche einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung zugeordnet sind, im Beispiel der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 15 (Slave n). Dabei zeigt die Zeitachse 52 den Zeitablauf in der lokalen Zeitbasis t_n , die Zeitachse 53 Aktionszeitpunkte im lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 und die Zeitachse 54 Datenverarbeitungsschritte im lokalen Kommunikationsalgorithmus 36. Zwischen beiden Gruppen von Zeitachsen ist durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 11, 12 und 13 die

Übertragung der beispielhaften Zeittelegramme Z_n-1 , Z_n und Z_n+1 auf dem Datenbus 10 symbolisiert.

[0030] Der Ablauf von Datenverarbeitungsschritten und Aktionszeitpunkten der einzelnen Algorithmen im Beispiel des Zeitdiagrammes von Figur 2 wird nachfolgend im Detail erläutert.

[0031] Die mit Rauten gekennzeichneten Zeitpunkte 55, 56, 57 bzw. 58 auf der Zeitachse 49 stellen Zeitmarken der zentralen Zeitbasis t_z dar. Diese entsprechen bevorzugt denjenigen Zeitpunkten, bei denen im Beispiel der Figur 1 der Timerbaustein 6 in der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 jeweils mit einem neuen Startwert geladen wird, d.h. einem Reloadwert $RR \text{ const.}$ Zur Bildung der zentralen Zeitbasis t_z wird der Timerbaustein 6 von einem Taktmittel 7 zyklisch dekrementiert. Nach jeder vollständigen Dekrementierung wird ein Zeitbildungssignal für die zentrale Zeitbasis t_z abgegeben. Schließlich wird dem Timerbaustein 6 ein neuer Startwert $RR \text{ const.}$ aufgeschaltet. Gleichzeitig wird in jedem der Zeitpunkte 55, 56, 57 bzw. 58 der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 aufgerufen, was in Figur 2 durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 39, 42, 45 bzw. 48 symbolisiert ist. Diese verzweigen auf Aktionszeitpunkte 9a, 9c bzw. 9e des Synchronisationsalgorithmus. Der zum Pfeil 48 gehörige Aktionszeitpunkt ist aus Gründen der besseren Übersicht am unteren Rand der Figur 2 nicht mehr dargestellt.

[0032] In den Aktionszeitpunkten 9a, 9c bzw. 9e wird der zwischen gespeicherte Absendezeitpunkt x, y bzw. z des zuletzt abgesendeten Zeittelegrammes aktiviert und dem zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 übergeben. Diese ist wiederum durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 40, 43 bzw. 46 symbolisiert. Dieser trägt den jeweiligen Absendezeitpunkt x, y bzw. z in einem Datenverarbeitungsschritt 8aa, 8ba bzw. 8ca in ein Zeittelegramm Z_n-1 , Z_n bzw. Z_n+1 ein, welches dann in den Datenbus 10 eingespeist wird. Bevorzugt nach Abschluß der jeweiligen Einspeisung wird in einem weiteren Datenverarbeitungsschritt 8ab, 8bb bzw. 8cb der tatsächliche Absendezeitpunkt y, z bzw. a des gerade abgesendeten Zeittelegrammes Z_n-1 , Z_n bzw. Z_n+1 bezogen auf die Zeitachse 49 der zentralen Zeitbasis t_z erfaßt und dem zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 übergeben. Dies ist durch schräge, von

rechts nach links verlaufende Pfeile 41, 44 bzw. 47 symbolisiert, welche auf entsprechende Aktionszeitpunkte 9b, 9d bzw. 9f auf der Zeitachse 50 des zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 verzweigen. Dort werden die Meßwerte der tatsächlichen Absendezeitpunkte y, z bzw. a gespeichert, um ab dem durch die Zeitmarke 56, 57 bzw. 58 auf der Zeitachse 49 der zentralen Zeitbasis t_z markierten jeweiligen Zeitpunkt als Datenwert des jeweils folgenden Zeittelegrammes $Z_n, Z_n+1 \dots$ berücksichtigt werden zu können.

[0033] Die in den Datenbus 10 eingespeisten Zeittelegramme 11, 12 bzw. 13 werden im Beispiel der Figur 2 vom lokalen Kommunikationsalgorithmus 36 der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 15 (Slave n) in Akti-

onszeitpunkten 36a, 36b bzw. 36c entgegengenommen. Bevorzugt nach Abschluß des jeweiligen Datenempfangs wird in einem weiteren Datenverarbeitungsschritt 36aa, 36ba bzw. 36ca der tatsächlich Empfangszeitpunkt u, v bzw. w des gerade entgegengenommenen Zeittelegrammes Zn-1, Zn bzw. Zn+1 bezogen auf die Zeitachse 52 der lokalen Zeitbasis tn erfaßt und der im jeweiligen Zeittelegramm als ein Datenwert enthaltene Absendezeitpunkt x, y bzw. z rekonstruiert. Bei den Werten, d.h. der Absendezeitpunkte des vorangegangenen Zeittelegrammes und der Empfangszeitpunkt des aktuellen Zeittelegrammes stehen in Datenverarbeitungsschritten 36ab, 36bb bzw. 36cb zur Verfügung. Sie werden paarweise dem lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 übergeben, was durch schräge, von links nach rechts verlaufende und mit x,u, y,v bzw. z,w beschriftete Pfeile 66, 68 bzw. 70 symbolisiert ist. Diese verzweigen auf entsprechende Aktionszeitpunkte 37a, 37b bzw. 37c auf der Zeitachse 53 des lokalen Synchronisationsalgorithmus 37. In diesen Aktionszeitpunkten werden erfahrungsgemäß quasi als Meßwerte für die Zeitabweichungen aus der Differenz zusammengehöriger Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeittelegrammen gebildet. Gemäß bevorzugten Ausführungen der Erfindung wird hieraus ein Korrekturwert bzw. ein in Teilkorrekturwerte aufgeteilter Korrekturwert zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis tn abgeleitet.

[0034] Ein Korrektur- bzw. Teilkorrekturwert wird bevorzugt in den mit Rauten gekennzeichneten Zeitpunkten 59, 60, 61 bzw. 62 auf der Zeitachse 52 der lokalen Zeitbasis tn aktiv bzw. zum Zwecke der Synchronisation berücksichtigt. Im Beispiel der Figur 2 sind neben den Zeitpunkten 60, 61 bzw. 62 symbolisch die dazugehörigen Zeitabweichungen (x-s), (u-y) bzw. (v-z) angegeben, welche als Grundlage für eine Synchronisation ausgewertet werden.

[0035] Im Beispiel der Figur 2 sind ferner beispielhaft ein sogenannter Jitter 63 auf der Sendeseite, und ein sogenannter Jitter 64 auf der Empfangsseite dargestellt. Es handelt sich dabei um Zeitverzögerungen, welche durch unregelmäßige und nicht vorhersehbare Verzögerungen bei der Befehlsverarbeitung auf der Sendeseite, d.h. in der Verarbeitungseinheit 2 der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 1, bzw. auf der Empfangsseite, d.h. z.B. in der Verarbeitungseinheit 29 der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15, auftreten. Im Beispiel der Figur 2 wird durch den Jitter 63 der Datenverarbeitungsschritt 8ba verzögert, d.h. die Absendung des Zeittelegrammes Zn, während die Absendung der Zeittelegramme Zn-1 und Zn+1 in den vergleichbaren Datenverarbeitungsschritten 8aa und 8ca auf der Zeitachse 51 des zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 nahezu verzögerungsfrei erfolgt. Weiterhin wird durch den Jitter 64 der Datenverarbeitungsschritt 36cb verzögert, d.h. der Empfang des Zeittelegrammes Zn+1, während der Empfang der Zeittelegramme Zn-1 und Zn in den vergleichbaren Datenverarbeitungsschritten 36ab und 36bb auf der Zeitachse 54 d.h. in den lokalen

Kommunikationsalgorithmus 36 nahezu verzögerungsfrei erfolgt. Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß derartige sporadische Verzögerungen nahezu keinen Einfluß auf die Qualität der Synchronisation der Zeitbasen in lokalen Datenverarbeitungsvorrichtungen haben, d.h. der aktuelle Wert eines Jitters durch den Meßwert einer Zeitabweichung erfaßt und bei der Synchronisation mit berücksichtigt wird.

[0036] Bei einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung, welche im Beispiel der Figur 1 bereits dargestellt ist, kann die lokale Datenverarbeitungsvorrichtung 15 lokale Mittel zur Bildung der lokalen Zeitbasis tn mit jeweils einem Timerbaustein 34 aufweisen, welcher von einem Taktmittel 35 zyklisch dekrementiert wird. Nach jeder vollständigen Dekrementierung wird ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis tn abgegeben. Schließlich schalten die lokalen Synchronisationsmittel 37 dem jeweiligen Timerbaustein 34 als neuen Startwert einen, unter Berücksichtigung gemessener Zeitabweichungen gebildeten Korrekturwert RR dyn auf, womit die gewünschte Synchronisation der lokalen Zeitbasis tn an die zentrale Zeitbasis tz bewirkt wird. Die Zeitpunkte 60, 61 bzw. 62 in Figur 2 können somit denjenigen entsprechen, bei denen im Beispiel der Figur 1 der Timerbaustein 34 jeweils mit einem neuen Startwert geladen wird, d.h. einem Reloadwert RR dyn.. Dabei ist dieser Startwert nicht konstant, sondern wird zur Synchronisation der dazugehörigen Zeitbasis tn unter Auswertung der erfaßten Zeitabweichungen dynamisch angepaßt. Eine vorteilhafte Ausführung für eine derartige dynamische Anpassung wird nachfolgend am Beispiel der Figur 6 noch näher beschrieben werden.

[0037] Die Figuren 3 bzw. 4 zeigen beispielhafte, schematische Ablaufpläne der zwischen einem zusammengehörigen Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus in einer Datenverarbeitungsvorrichtung gemäß der Erfindung auftretenden Bearbeitungsschritten. Die Darstellungen in den Figuren dienen zur weiteren Erläuterung des Zeitdiagrammes von Figur 2. Dabei zeigt Figur 3 einen Ausschnitt aus den gemäß der vorliegenden Erfindung zyklisch aufeinanderfolgend auftretenden Bearbeitungsschritten zwischen dem zentralen Kommunikationsalgorithmus 9 und dem zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 auf der Seite der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 2, d.h. in der Verarbeitungseinheit "CPU Master" von Figur 2. Ferner zeigt Figur 4 einen Ausschnitt aus den gemäß der vorliegenden Erfindung zyklisch aufeinanderfolgend auftretenden Bearbeitungsschritten zwischen dem lokalen Kommunikationsalgorithmus 36 und dem lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15, d.h. in der Verarbeitungseinheit "CPU Slave n" von Figur 2.

[0038] Im Beispiel der Figur 3 wird von dem Bearbeitungsschritt 39 der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 im Aktionszeitpunkt 9a gestartet, so daß dieser ein neues Zeittelegramm Zn-1 generiert und in dieses den zwischeng speicherten Absendezeitpunkt x als ei-

nen Datenwert einträgt. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 40 wird der zentrale Kommunikationsalgorithmus 8 im Aktionszeitpunkt 8a gestartet. Dieser bewirkt die Absendung des Zeittelegrammes Zn-1 im Verarbeitungsschritt 8aa in den Datenbus 10, und die Erfassung von dessen Absendezeitpunkt y im folgenden Verarbeitungsschritt 8ab. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 41 wird wiederum der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 gestartet. Dieser nimmt den erfaßten Absendezeitpunkt y zum Zwecke der Speicherung entgegen. Mit diesem Bearbeitungsschritt ist eine erste Folge von zusammengehörigen Bearbeitungsschritten auf der Seite der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 2 abgeschlossen. In Figur 3 sind im unteren Bereich analog zum Inhalt von Figur 2 zwei weitere Zyklen von Bearbeitungsschritten dargestellt, welche die Zeittelegramme Zn und Zn+1 betreffen. Diese Abläufe entsprechen der bisher erläuterten Folge von Bearbeitungsschritten, so daß zu deren näheren Beschreibung auf die obigen Ausführungen verwiesen werden kann.

[0039] Im Beispiel der Figur 4 wird in einem Bearbeitungsschritt 65 der lokale Kommunikationsalgorithmus 36 im einem Aktionszeitpunkt 36a gestartet. Dieser Start kann durch das Eintreffen eines Zeittelegrammes auf dem Datenbus ausgelöst werden. Der lokale Kommunikationsalgorithmus 36 erfaßt dann in einem Verarbeitungsschritt 36aa sowohl das anstehende Zeittelegramm Zn-1 als auch dessen tatsächlichen Empfangszeitpunkt u. In einem folgenden Verarbeitungsschritt 36ab erfolgt ferner eine Dekodierung und Rekonstruktion des Zeittelegrammes Zn-1 derart, daß zumindest der darin enthaltene Wert des Absendezeitpunktes x eines vorangegangenen Zeittelegrammes Zn-2 zurückgewonnen wird. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 66 wird der lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 im Aktionszeitpunkt 37a gestartet. Dieser speichert zunächst in einem Verarbeitungsschritt 37aa den zum Zeittelegramm Zn-1 gehörigen Empfangszeitpunkt u für eine spätere Verarbeitung. In einem folgenden Verarbeitungsschritt 37ab wird aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten eines Zeittelegrammes ein Meßwert für die Zeitabweichung zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis bestimmt.

[0040] Im dargestellten Beispiel wird aus dem Absendezeitpunkt x und dem zwischengespeicherten Empfangszeitpunkt s des Zeittelegrammes Zn-2 die Zeitabweichung x-s gebildet. Dieses Zeittelegramm wurde im Zeitdiagramm der Figur 2 vor dem Zeittelegramm Zn-1 übertragen, und ist somit am oberen Bildrand aus Gründen der besseren Übersicht nicht mehr gezeigt. Aus dieser Zeitabweichung x-s kann ein Korrekturwert zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis tn ermittelt und aktiviert werden. Dies wird nachfolgend noch näher erläutert. Mit diesem Bearbeitungsschritt ist eine erste Folge von zusammengehörigen Bearbeitungsschritten auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 abgeschlossen. In Figur 4 sind ebenfalls im unteren Be-

reich analog zum Inhalt von Figur 2 zwei weitere Zyklen von Bearbeitungsschritten dargestellt, welche die Bestimmung und Verarbeitung der Zeitabweichungen u-y bzw. v-z unter Auswertung der Zeittelegramme Zn-1 und Zn betreffen. Diese Abläufe entsprechen der bisher erläuterten Folge von Bearbeitungsschritten, so daß zu deren näheren Beschreibung auf die obigen Ausführungen verwiesen werden kann.

[0041] Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung der Erfindung werden von einer lokalen Zeitbasis in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung Zeitabweichungen aus den während einer Beobachtungsperiode übertragenen Zeittelegramme ermittelt und gespeichert. Vorteilhaft wird dabei eine vorgegebene Anzahl von Übertragungen von Zeittelegrammen zu einer Beobachtungsperiode zusammengefaßt. Die Übertragung und Auswertung eines Zeittelegrammes aus einer Beobachtungsperiode wird nachfolgend auch als ein Beobachtungsschritt bezeichnet. Aus den kumulierten, in der Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen wird der jeweils aufgetretene Minimalwert ermittelt und hieraus ein Korrekturwert zur Verwendung für die Synchronisation gebildet. Wie oben bereits ausgeführt, ist ein Minimalwert aus einer Gruppe von Zeitabweichungen besonders geeignet zur Bildung eines Korrekturwertes, da die Absendung, die Übertragung und der Empfang damit verbundener Zeittelegramme am wenigsten zeitlich gegenüber der zentralen Zeitbasis versetzt sind. Die wird nachfolgend am Beispiel der Figur 5 weiter erläutert.

[0042] Figur 5 zeigt beispielhaft eine Beobachtungsperiode, welche 15 Beobachtungsschritte B1 bis B16 aufweist. In Figur 5 sind zwei Zeitachsen eingetragen, d.h. eine erste Zeitachse 49 für die zentrale Zeitbasis tz und eine zweite Zeitachse 52 für die lokale Zeitbasis tn. Die Schräglage der Zeitachse für tn gegenüber der Zeitachse für tz zeigt die Abweichung, d.h. die Drift, der lokalen Zeitbasis gegenüber der zentralen Zeitbasis, welcher deren regelmäßige Synchronisation erforderlich macht. Die Zeitachsen 49, 52 in Figur 5 entsprechen denen von Figur 2. Ferner entsprechen die jeweils mit einer Rauten gekennzeichneten Zeitmarken am Ende eines jeden Beobachtungsschrittes in Figur 5 den Zeitmarken auf der rechten, vertikalen Zeitachse 49 von Figur 2. Dies ist in Figur 5 durch die Bezugszeichen 59, 60, 61 und 62 kenntlich gemacht. So wird beispielsweise während der Beobachtungsperiode B8, B9, B10 bzw. B11 das Zeittelegramm Zn-2, Zn-1, Zn bzw. Zn+1 übertragen. Folglich steht am Ende z.B. des Beobachtungsschrittes B9, B10 bzw. B11, d.h. bei den Zeitmarken 60, 61 bzw. 62, jeweils der Wert der Zeitabweichung x-s, u-y bzw. v-z zur Verfügung, welcher durch Auswertung des Zeittelegrammes Zn-2, Zn-1 bzw. Zn gewonnen wurde. Im Beispiel der Figur 5 tritt der Minimalwert der Zeitabweichungen der dargestellten Beobachtungsperiode beispielsweise am Ende des Beobachtungsschrittes B13 auf. Dessen vorteilhafte Weiterverarbeitung zu einem Korrekturwert für die Synchronisation wird am

Beispiel der Figur 6 weiter erläutert.

[0043] Figur 6 zeigt schematisch eine beispielhafte Ausführung für einen lokalen Synchronisationsalgorithmus in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung in Form eines Blockschaltbildes. Eine solche ermöglicht die Bestimmung und Aufschaltung eines Korrekturwertes für die lokale Zeitbasis unter Verwendung des Minimalwertes aus den Zeitabweichungen der innerhalb einer Beobachtungsperiode übermittelten und ausgewerteten Zeittelegramme. In der Darstellung von Figur 6 wird dabei zum besseren Verständnis Bezug genommen auf das Blockschaltbild von Figur 1 und den lokalen Synchronisationsalgorithmus 37, welcher in der dortigen lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 "Slave n" enthalten ist.

[0044] Dabei betreffen die in den Blöcken 72, 73 und 74 von Figur 6 symbolisch dargestellten Verarbeitungsschritte des Synchronisationsalgorithmus 37 einen Beobachtungsschritt in einer Beobachtungsperiode und werden bei jedem Beobachtungsschritt der Beobachtungsperiode erneut durchlaufen.

[0045] In Block 72 dient ein erster Verarbeitungsschritt 72a zur Bestimmung des Wertes einer Zeitabweichung, wobei über eine Abfrage 76 vom zugehörigen Kommunikationsalgorithmus 36 der mit dem aktuellen Zeittelegramm übertragene Absendezeitpunkt eines vorangegangenen Zeittelegrammes abgefragt und durch Differenzbildung mit dem gespeicherten, dazugehörigen Empfangszeitpunkt zum Wert einer Zeitabweichung verarbeitet wird. Ein folgender Verarbeitungsschritt 72b dient zu dessen Speicherung. Hierzu ist in Figur 6 symbolisch ein Speicherbereich 78 dargestellt, in dessen Zellen die bereits erläuterten Zeitabweichungen x-s, u-y, v-z beispielhaft eingetragen sind. Der weitere Verarbeitungsschritt 72c, welcher die Aufgabe hat, einen Teilkorrekturwert zu laden, wird nachfolgend noch erläutert werden.

[0046] Es schließt sich ein Block 73 mit den Verarbeitungsschritten 73a und 73b an. Dabei hat der Verarbeitungsschritt 73a die Aufgabe der Speicherung eines Vorgabewertes, nämlich der Anzahl der Beobachtungsschritte pro Beobachtungsperiode, welche auch der Anzahl der Durchläufe des Synchronisationsalgorithmus 37 durch die Blöcke 72, 73 und 74 entspricht. Im folgenden Verarbeitungsschritt 73b erfolgt eine Zählung der bereits erfolgten Durchläufe durch diese Blöcke. In der folgenden Programmverzweigung 74 wird durch Vergleich des Vorgabewertes aus 73a mit dem aktuellen Zählerwert aus 73b festgestellt, ob alle Beobachtungsschritte einer Beobachtungsperiode bearbeitet worden sind und somit das Ende der Beobachtungsperiode erreicht ist, oder ob noch Beobachtungsschritte zu verarbeiten sind. Im ersten Fall wird die Verarbeitungsschleife aus den Blöcken 72, 73 und 74 verlassen über den Verzweig 79 auf den Block 81 übergegangen, während im zweiten Fall über den Verzweig 75 an den Anfang der Verarbeitungsschleife zurückgesprungen wird und die Bearbeitung der Blöcke 72, 73 und 74 für eine fol-

gende Beobachtungsschritt wiederholt wird.

[0047] Nach Bearbeitung aller Beobachtungsschritte einer Beobachtungsperiode wird im Block 81 der aktuelle Wert der minimalen Zeitabweichung in der letzten Beobachtungsperiode bestimmt, in dem auf die im Speicherbereich 78 enthaltenen Werte zurückgegriffen wird. Gemäß einer besonders vorteilhaften, im Beispiel der Figur 6 bereits dargestellten Ausführung der Erfindung kann dieser Minimalwert nun mit Hilfe eines Regelungsalgorithmus 84 im lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 bis zum eigentlichen Korrekturwert RR dyn weiter verarbeitet werden, welcher als Ausgangswert 85 des Regelungsalgorithmus 84 abgegeben wird. Vorteilhaft enthält der Regelungsalgorithmus 84 einen proportionalen Anteil, und gegebenenfalls zusätzlich auch einen integrierenden bzw. differenzierenden Anteil. Ferner wird dem Regelungsalgorithmus 84 als Sollwert 83 der Wert null und als Istwert 82 der Minimalwert aus den Zeitabweichungen einer vorangegangenen Beobachtungsperiode zugeführt.

[0048] Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung kann ein Korrekturwert, der unter Auswertung der Beobachtungsschritte einer abgeschlossenen Beobachtungsperiode ermittelt wurde, während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt auf eine lokale Zeitbasis aufgeschaltet werden. Vorteilhaft wird hierzu in der betroffenen lokalen Zeitbasis ein Teilkorrekturwert durch Division eines Korrekturwertes durch die vorgegebene Anzahl der pro Beobachtungsperiode übertragenen Zeittelegramme gebildet, und anschließend pro Übertragung eines Zeittelegrammes, d.h. pro Beobachtungsschritt, ein Teilkorrekturwert auf die lokale Zeitbasis zur Synchronisation aufgeschaltet. Der Korrekturwert wird somit nicht in einem Schritt, sondern stufenweise und zeitlich gestreckt aufgeschaltet.

[0049] Eine dafür geeignete, vorteilhafte Ausführung ist im Beispiel der Figur 6 ebenfalls bereits dargestellt. Hierzu enthält der lokale Synchronisationsalgorithmus 37 einen Block 87, welcher eine Division des Korrekturwertes RR dyn am Ausgang 85 des Regelungsalgorithmus 84 durch die Anzahl der Beobachtungsschritte vornimmt, welche über die Verzweigung 86 aus dem Verarbeitungsschritt 73a gelesen wurde. Der hierdurch gebildete Teilkorrekturwert TK kann zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis pro Übertragung eines Zeittelegrammes auf diese aufgeschaltet werden. Im Beispiel der Figur 6 wird durch den Block 88 im Synchronisationsalgorithmus 37 ein Schreiben des Teilkorrekturwertes TK vorgenommen, in dem dieser über die Verzweigung 89 in den Verarbeitungsschritt 73b des Blocks 72 eingetragen wird. Wird nun die Verarbeitungsschleife aus den Blöcken 72, 73 und 74 zum Zwecke der Bearbeitung der Beobachtungsschritte einer aktuellen Beobachtungsperiode erneut zyklisch durchlaufen, so wird pro Durchlauf ein Teilkorrekturwert auf die lokale Zeitbasis aufgeschaltet. Nach Ablauf der vorgesehenen Anzahl von Durchläufen ist die Summe aller Teilkorrekturwerte, d.h. der gesamte Korrekturwert quasi "weich"

aufgeschaltet.

[0050] Die Aufschaltung eines Korrekturwertes erfolgt wiederum vorteilhaft unter Einsatz der in Figur 1 beispielhaft dargestellten lokalen Mittel zur Bildung einer lokalen Zeitbasis tn. Diese weisen einen Timerbaustein 34 auf, welcher von einem Taktmittel 35 zyklisch dekrementiert wird und nach vollständiger Dekrementierung eines vorher geladenen Startwertes ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis tn abgibt. Zur Synchronisation schalten die lokalen Synchronisationsmittel, insbesondere der dazugehörige Synchronisationsalgorithmus 37, dem Timerbaustein 34 als neuen Startwert den Korrekturwert RR dyn auf. Ist der Korrekturwert, wie oben beschrieben, in Teilkorrekturwerte TK aufgeteilt, so werden diese dem Timerbaustein 34 in einer folgenden Beobachtungsperiode bevorzugt im Takt des Empfanges von Zeittelegrammen, d.h. pro Beobachtungsschritt, aufgeschaltet. Dies ist im Beispiel der Figur 6 durch eine vom Verarbeitungsschritt 72c abhängende Verzweigung 77 symbolisiert, welche auf den Timerbaustein 34 verzweigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation mindestens einer lokalen Zeitbasis (tm;tn) in einem lokalen technischen System (14;15) auf eine zentrale Zeitbasis (tz) in einem zentralen technischen System (1), wobei Zeittelegramme (...;Zn-1,11;Zn.12; Zn+1,13,...) von der zentralen Zeitbasis (tz) an die lokale Zeitbasis (tm;tn) übertragen werden, und wobei
 - a) von der zentralen Zeitbasis (tz) der Absendezeitpunkt (y,z) eines Zeittelegramms (11,12) erfaßt und als Datenwert in ein folgendes Zeittelegramm (12,13) eingetragen wird,
 - b) von der lokalen Zeitbasis (tm)
 - b1) der Empfangszeitpunkt (u,v) eines Zeittelegramms (11,12) erfaßt und der Wert des in einem folgenden Zeittelegramm (12,13) enthaltenen Absendezeitpunktes (y,z) reproduziert wird,
 - b2) aus der Differenz zusammengehöriger Absende- und Empfangs Zeitpunkte von Zeittelegrammen (11,12) Zeitabweichungen (u-y,v-z) zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis ermittelt werden, und
 - b3) die Werte der Zeitabweichungen (u-y, v-z) zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis (tm) ausgewertet und hieraus Korrekturwerte für die lokale Zeitbasis (tm; tn) bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei von der lokalen Zeitbasis (tm;tn)

- 5 a) Zeitabweichungen (u-y,v-z) mit Hilfe einer Gruppe von Zeittelegrammen (...;11,12,13,...) ermittelt werden (78), welche während einer Beobachtungsperiode (73,74) übertragen wurden, und
 - b) aus dem Minimalwert (82) der in einer Beobachtungsperiode (73,74) erfaßten Zeitabweichungen (u-y,v-z) ein Korrekturwert (RR dyn) gebildet (85) und zur Synchronisation verwendet wird.
- 10 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein Korrekturwert (RR dyn) dem Ausgangswert (85) eines Regelungsalgorithmus (84) entspricht, dem als Sollwert (83) der Wert null und als Istwert (82) der Minimalwert aus den während einer Beobachtungsperiode (73,74) ermittelten Zeitabweichungen (78) zugeführt wird.
- 20 25 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei ein Korrekturwert (RR dyn) während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt auf eine lokale Zeitbasis (tm;tn) aufgeschaltet wird (88).
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, wobei
 - a) eine Beobachtungsperiode (73,74) aus einer vorgegebenen Anzahl (73a,73b) von übertragenen Zeittelegrammen (...;11,12,13,...) besteht,
 - b) ein Teilkorrekturwert (TK) gebildet (88) wird durch Division (87) eines Korrekturwertes (RR dyn) durch die vorgegebene Anzahl (73a,73b) von übertragenen Zeittelegrammen (...;11,12,13,...), und
 - c) zur Synchronisation pro Übertragung eines Zeittelegrammes ein Teilkorrekturwert (TK) auf die lokale Zeitbasis (tm;tn) aufgeschaltet wird.
- 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 100

welche den Absendezeitpunkt (y,z) eines eingespeisten Zeittelegramms (11,12) erfassen und in ein folgendes Zeittelegramm (12,13) vor dessen Einspeisung als einen Datenwert eintragen, und mit

b) mindestens einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung (14;15), welche aufweist

b1) lokale Mittel (24,25;34,35) zur Bildung einer lokalen Zeitbasis (tm;tn),

b2) lokale Kommunikationsmittel (26,21; 36,31) zum Empfang von Zeittelegrammen (...;11,12,13,...) aus dem Datenbus (10),

b3) lokale Synchronisationsmittel (27;37), welche die Empfangszeitpunkte (u,v) von Zeittelegrammen (11,12) erfassen, die in Zeittelegrammen (12,13) enthaltenen Absendezeitpunkte (y,z) auslesen, Zeitabweichungen (u-y,v-z) zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten bestimmen und hieraus einen Korrekturwert (RR dyn) für die lokalen Mittel (24,25; 34,35) zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis (tm,tn) bestimmen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei

a) die lokalen Mittel (24,25;34,35) zur Bildung einer lokalen Zeitbasis (tm;tn) jeweils einen Timerbaustein (24;34) aufweisen, welcher von einem Taktmittel (25;35) zyklisch dekrementiert wird und nach vollständiger Dekrementierung eines Startwertes (RR) ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis (tm;tn) abgibt, und

b) die lokalen Synchronisationsmittel (27;37) dem jeweiligen Timerbaustein (24;34) als Startwert (RR) den Korrekturwert (RR dyn) aufschalten.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die lokalen Synchronisationsmittel (27;37) den Korrekturwert (RR dyn)

a) aus den in einer Beobachtungsperiode (73,74) empfangenen Zeittelegrammen (...; 11,12,13,...) bilden und

b) in Teilkorrekturwerte (TK) aufteilen (86,87), und diese

c) dem Timerbaustein (24;34) in einer folgenden Beobachtungsperiode, bevorzugt im Takt des Empfanges von Zeittelegrammen, aufschalten (88).

9. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüch 6 bis 8 zum Betrieb von lokalen technischen Betriebsmitteln (17,18) in einer Produktionseinrichtung (16), wobei den lokalen technischen Betriebsmitteln (17;18) eine lokale Datenverarbeitungseinrichtung (14;15) zugeordnet ist, welche das jeweilige lokale technische Betriebsmittel (17;18) im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis (tm;tn) ansteuert.

10. Verwendung nach Anspruch 9 bei einer Produktionseinrichtung, welche elektrische Antriebe (17,18) als technische Betriebsmittel aufweist.

11. Verwendung nach Anspruch 9 oder 10 bei einer Produktionseinrichtung, bei der eine lokale Datenverarbeitungseinrichtung (14;15) Regelgrößen (17a,17b;18a,18b), insbesondere Ist-, Soll- und/oder Stellwerte, synchron im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis (tm,tn) mit dem zugeordneten lokalen technischen Betriebsmittel (17,18) austauscht.

25

Claims

1. Method for synchronising at least one local timebase (tm;tn) in a local technical system (14; 15) with a central timebase (tz) in a central technical system (1), time telegrams (...; Zn-1, 11; Zn, 12; Zn+1, 13; ...) being transmitted from the central timebase (tz) to the local timebase (tm; tn), and

30

35

a) the origin time point (y, z) of a time telegram (11, 12) being detected by the central timebase (tz) and entered as a data value in a succeeding time telegram (12, 13),

b) from the local timebase (tm)

40

45

50

55

b1) the reception time point (u, v) of a time telegram (11, 12) being detected and the value of the transmission time point (y, z) contained in a succeeding time telegram (12, 13) being reproduced,

b2) time deviations (u-y, v-z) between local and central timebases being determined from the difference between the associated origin and reception time points of time telegrams (11, 12), and

b3) the values of time deviations (u-y, v-z) being evaluated for synchronisation of the local timebase (tm) and from this correction values being determined for the local timebase (tm; tn).

2. Method according to Claim 1, the local timebase (tm; tn) being used to

a) determine time deviations (u-y, v-z) with the aid of a group of time telegrams (...; 11, 12, 13, ...) (78), which were transmitted during an observation period (73, 74), and

b) generate a correction value (RR dyn) (85) from the minimum value (82) of the time deviations (u-y, v-z) detected in an observation period (73, 74) and used for synchronisation. 5

3. Method according to Claim 2, whereby a correction value (RR dyn) which corresponds to the starting value (85) of a control algorithm (84), to which as a set value (83) the value zero and as an actual value (82) the minimum value of time deviations (78) determined during an observation period (73, 74) are applied. 15

4. Method according to Claim 2 or 3, with a correction value (RR dyn) being applied distributed during a succeeding observation period to a local timebase (tm; tn) (88). 20

5. Method according to Claim 2, 3 or 4, with

a) an observation period (73, 74) consisting of a preset number (73a, 73b) of transmitted time telegrams (...; 11, 12, 13, ...), 30

b) a part correction value (TK) (88) being formed by division (87) of a correction value (RR dyn) by the preset number (73a, 73b) of transmitted time telegrams (...; 11, 12, 13, ...) and 35

c) a part correction value (TK) being applied to the local timebase (tm; tn) for synchronisation on each transmission of a time telegram. 40

6. Device for implementing the method according to one of the preceding claims, with

a) a central data processing system (1), that has

a1) a central means (6, 7) for generation of a central timebase (tz), 45

a2) central communication means (8, 4) for inputting time telegrams (...; 11, 12, 13, ...) to a data bus (10), and 50

a3) central synchronisation means (9) that detect the origin time point (y, z) of an input time telegram (11, 12) and enter it in a succeeding time telegram (12, 13) before the 55

latter is input as a data value, and with

b. at least one local data processing system (14; 15), which has

b1) local means (24, 25; 34, 35) for forming a local timebase (tm; tn),

b2) local communication means (26, 21; 36, 31) for receiving time telegrams (...; 11, 12, 13, ...) from the data bus (10),

b3) local synchronisation means (27; 37) which detect the reception time point (u, v) of time telegrams (11, 12), which read the origin time points (y, z) contained in time telegrams (12, 13), determine time deviations (u-y, v-z) between local and central timebases from associated origin and reception time points and from these determine a correction value (RR dyn) for the local means (24, 25; 34, 35) for generation of the local timebase (tm, tn). 25

7. Device according to Claim 6, with

a) the local means (24, 25; 34, 35) for formation of a local timebase (tm; tn) in each case having a timer module (24; 34), which is cyclically decremented by a clock device (25; 35) and, after complete decrementing of a starting value (RR), outputs a timing generation signal for the local timebase (tm; tn), and 30

b) the local synchronisation means (27; 37) applying the correction value (RR dyn) to the relevant timer module (24; 34) as a starting value (RR). 35

8. Device according to Claim 6 or 7, with the local synchronisation means (27; 37)

a) forming the correction value (RR dyn) from the time telegrams (...; 11, 12, 13, ...) received in an observation period (73, 74) and 40

b) dividing the correction value (RR dyn) into part correction values (TK) (86, 87), and 45

c) applying these to the timer module (24; 34) in a succeeding observation period, preferably in time with the reception of time telegrams (88). 50

9. Use of a device according to one of the preceding Claims 6 to 8 for operation of local technical operating means (17, 18) in a production installation (16), with the local technical operating equipment (17; 18) being assigned a local data processing sys-

tem (14; 15) which controls the relevant local technical operation equipment (17; 18) in time with the relevant local time base (tm; tn).

10. Use according to Claim 9 in a production facility that has electric drives (17, 18) as technical operating equipment.

11. Use according to Claim 9 or 10 in a production facility, in which a local data processing system (14; 15) exchanges control variables (17a, 17b; 18a, 18b), particularly actual, set and/or correction values, with the assigned local technical operating equipment (17, 18), synchronously in time with the particular local timebase (tm, tn).

Revendications

1. Procédé pour la synchronisation d'au moins une base de temps locale (tm ; tn) dans un système technique local (14 ; 15) sur une base de temps centrale (tz) dans un système technique central (1), des télegrammes horaires (... ; Zn - 1, 11 ; Zn, 12 ; Zn + 1, 13 ; ...) étant transmis de la base de temps centrale (tz) à la base de temps locale (tm ; tn) et

a) la base de temps centrale (tz) détectant l'instant d'émission (y, z) d'un térogramme horaire (11, 12) et l'enregistrant comme une valeur de données dans un térogramme horaire suivant (12, 13),
b) la base de temps locale (tm)

b1) détectant l'instant de réception (u, v) d'un térogramme horaire (11, 12) et reproduisant la valeur de l'instant d'émission (y, z) contenu dans un térogramme horaire suivant (12, 13),
b2) déterminant à partir de la différence d'instants d'émission et de réception associés de télegrammes horaires (11, 12) des écarts temporels (u - y, v - z) entre la base de temps locale et la base de temps centrale, et
b3) évaluant les valeurs des écarts temporels (u - y, v - z) pour la synchronisation de la base de temps locale (tm) et déterminant à partir de là des valeurs de correction pour la base de temps locale (tm ; tn).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la base de temps locale (tm ; tn)

a) détermine (78) des écarts temporels (u - y, v - z) à l'aide d'un groupe de télegrammes horaires (... , 11, 12, 13, ...) qui ont été transmis pendant une période d'observation (73, 74), et

b) forme (85) un valurd correction (RR dyn) à partir de la valeur minimal (82) des écarts temporels (u - y, v - z) détectés dans une période d'observation (73, 74) et l'utilise pour la synchronisation.

5. 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel une valeur de correction (RR dyn) correspond à la valeur de sortie (85) d'un algorithme de régulation (84) qui reçoit comme valeur de consigne (83) la valeur nulle et comme valeur réelle (82) la valeur minimale parmi les écarts temporels (78) déterminés pendant une période d'observation (73, 74).

10. 4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel une valeur de correction (RR dyn) est appliquée (88) sur une base de temps locale (tm ; tn) de manière répartie pendant une période d'observation suivante.

15. 5. Procédé selon la revendication 2, 3 ou 4, dans lequel

20. a) une période d'observation (73, 74) est constituée d'un nombre prédéterminé (73a, 73b) de télegrammes horaires transmis (... , 11, 12, 13, ...),
b) une valeur de correction partielle (TK) est formée (88) par division (87) d'une valeur de correction (RR dyn) par le nombre prédéterminé (73a, 73b) de télegrammes horaires transmis (... , 11, 12, 13, ...), et
c) pour la synchronisation à chaque transmission d'un térogramme horaire, une valeur de correction partielle (TK) est appliquée sur la base de temps locale (tm ; tn).

25. 6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, avec

30. a) un dispositif de traitement de données central (1) qui comporte

35. a1) des moyens centraux (6, 7) pour former une base de temps centrale (tz),
a2) des moyens de communication centraux (8, 4) pour introduire des télegrammes horaires (... , 11, 12, 13, ...) dans un bus de données (10), et
a3) des moyens de synchronisation centraux (9) qui détectent l'instant d'émission (y, z) d'un térogramme horaire introduit (11, 12) et qui l'enregistrent comme une valeur de données dans un térogramme horaire suivant (12, 13) avant l'introduction de celui-ci, et

40. b) au moins un dispositif de traitement de don-

7. Dispositif

- a) le
- à fo
- com
- poris
- çon
- (25 ;
- ment
- de fo
- local
- b) les
- 37) a
- com
- porisa

8. Dispositif
les moyens

- a) form
- partir
- 13, ...)
- (73, 74)
- b) la d
- partiel
- c) app
- tempor
- servati
- dence
- res.

9. Utilisation d
tions précé
moyens d'e
dans un dis

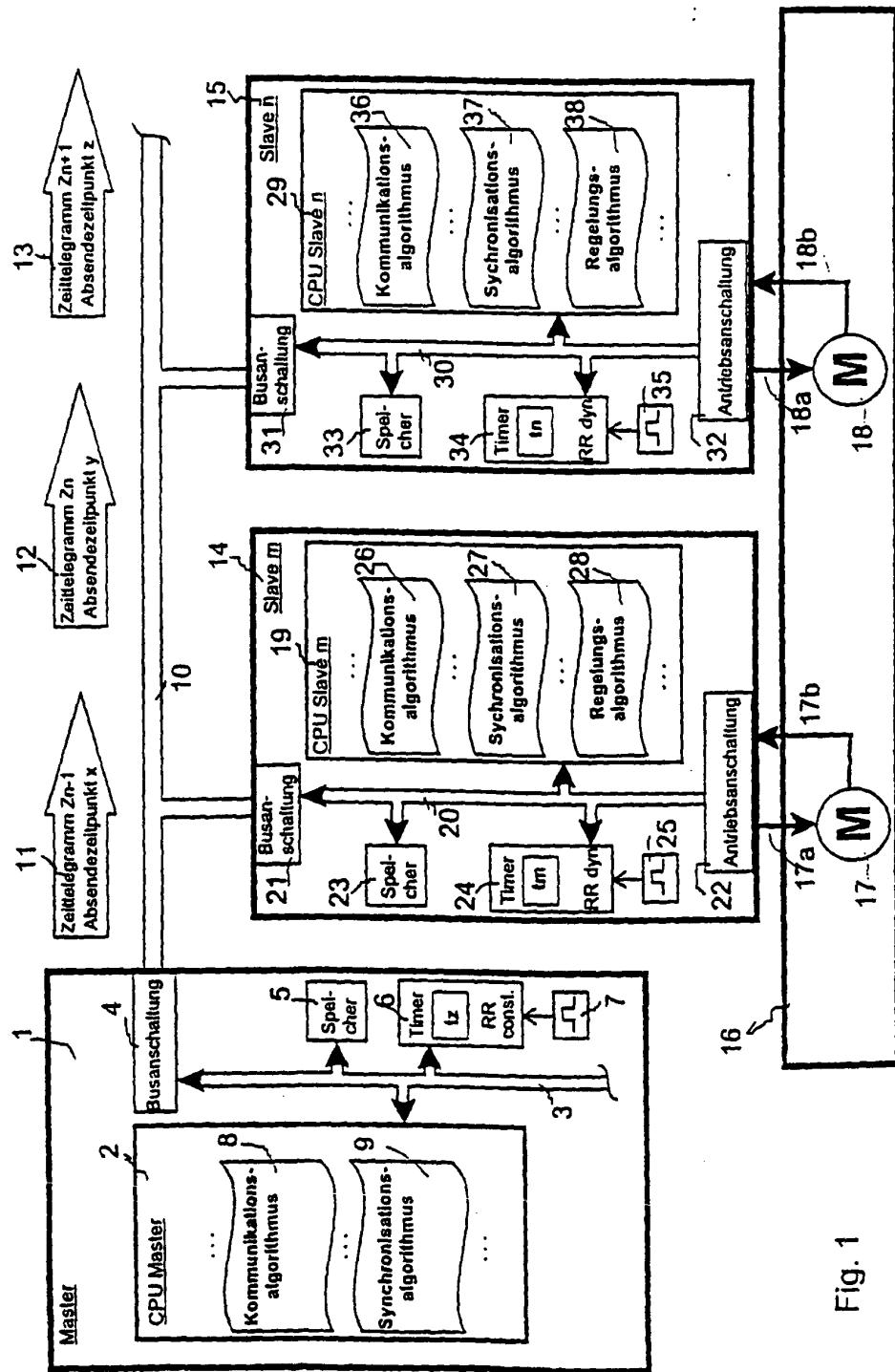
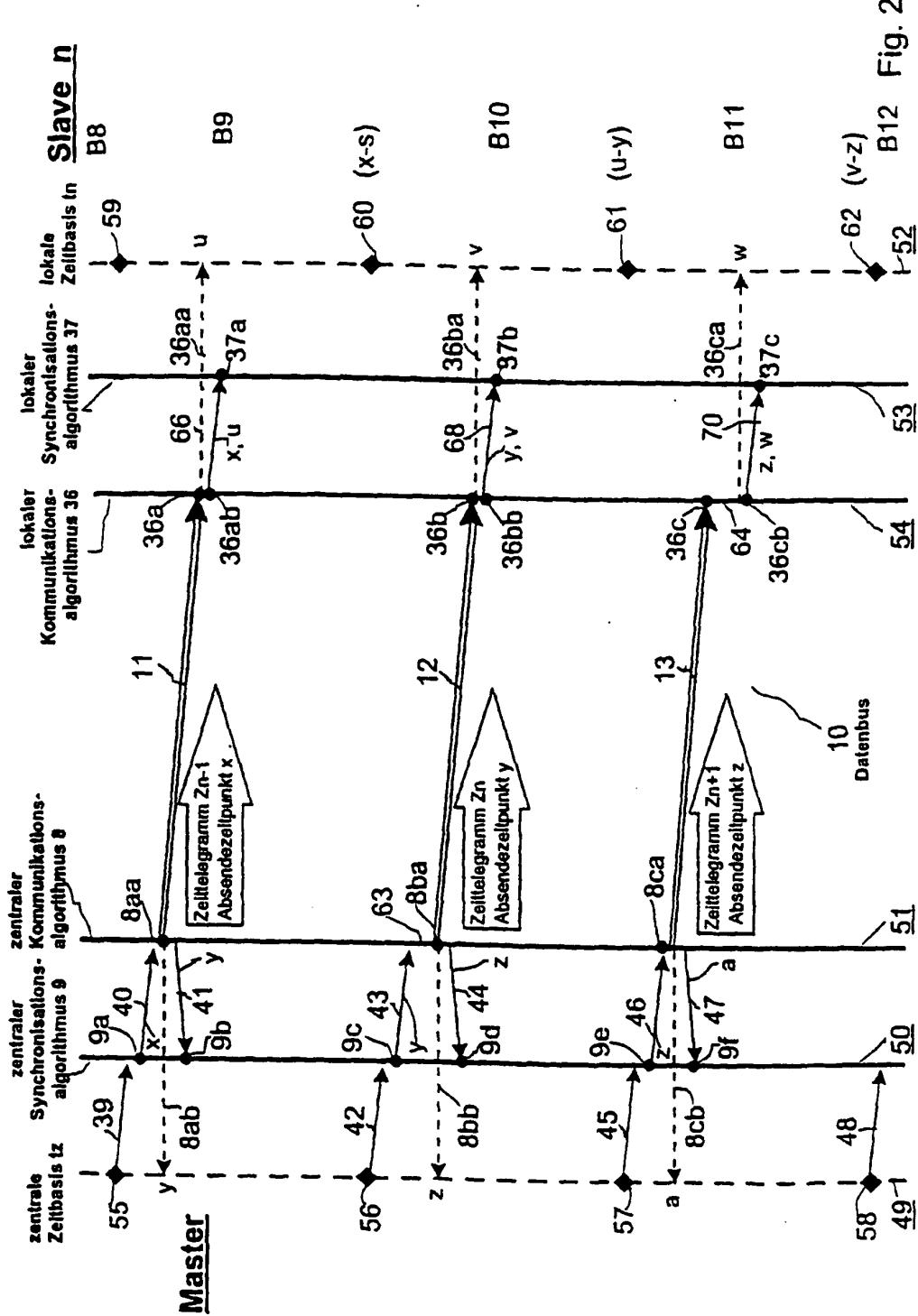


Fig. 1



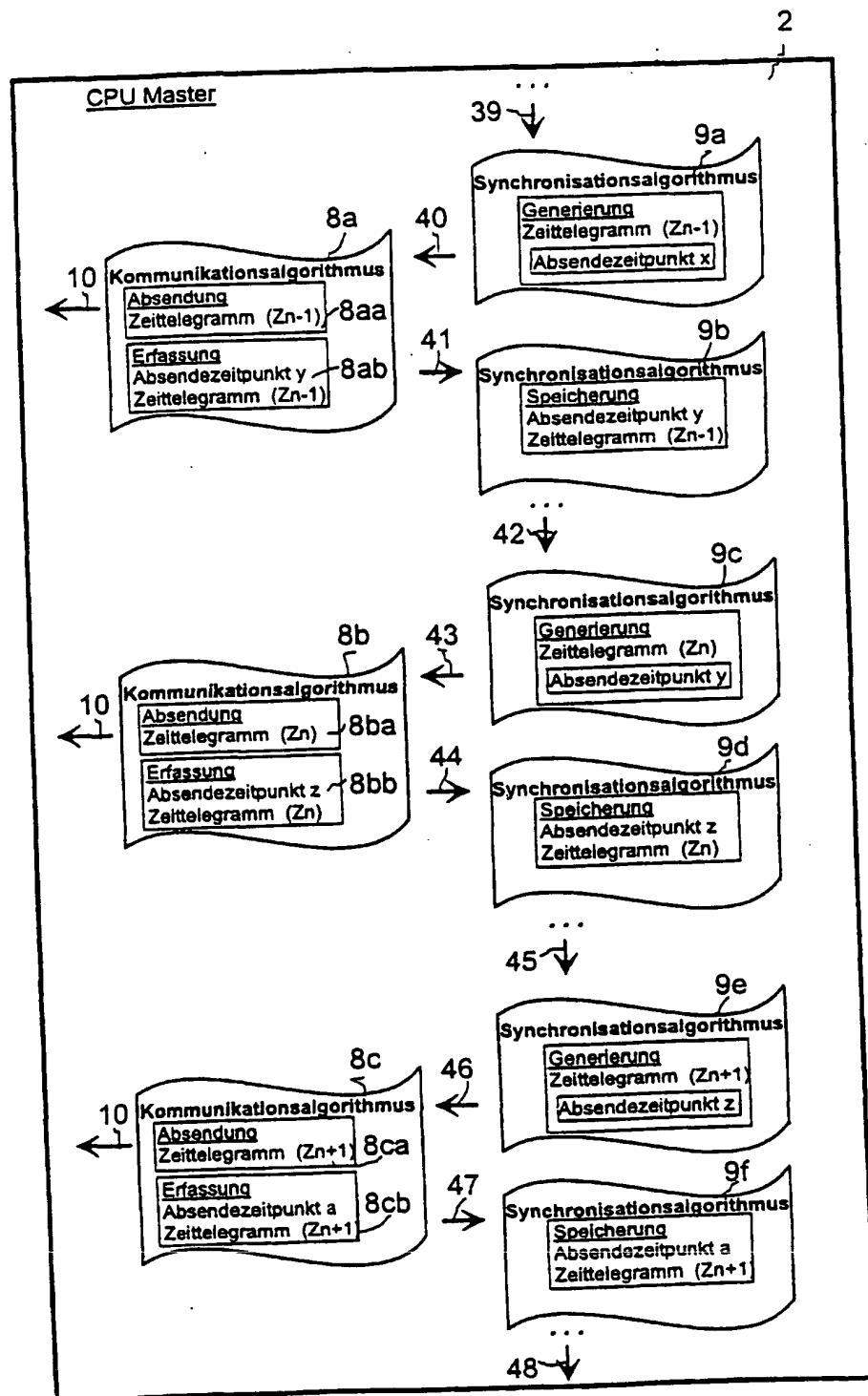


Fig. 3

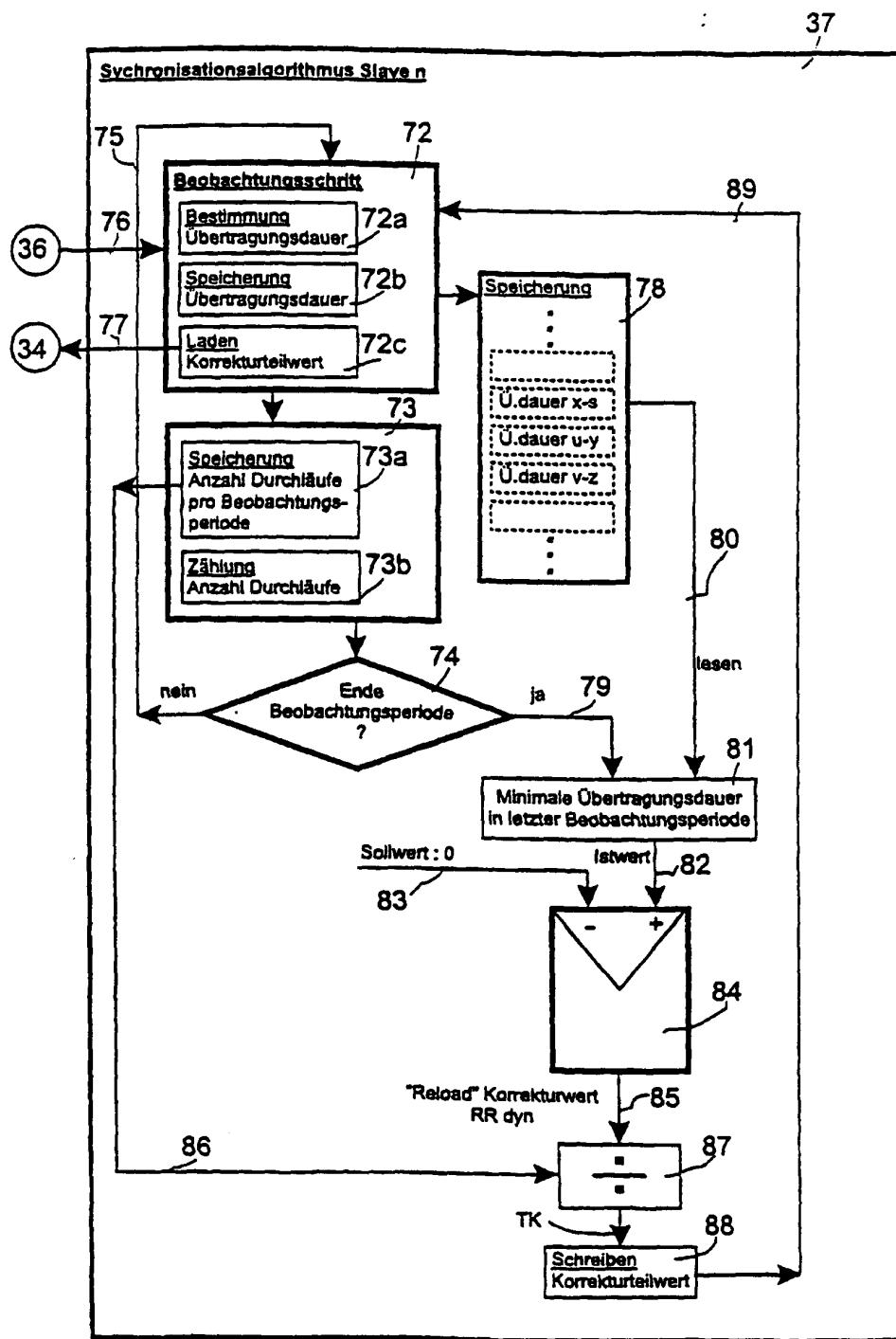


Fig. 6